

Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local

Ricardo Rivera
Alexandre Siciliano Esposito
Ingrid Teixeira

Redes elétricas inteligentes (*smart grid*): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local

Ricardo Rivera
Alexandre Siciliano Esposito
Ingrid Teixeira*

Resumo

O conceito de *smart grid* (SG) – ou redes elétricas inteligentes (REI) – traz uma mudança de paradigma para o setor de energia elétrica. As REIs objetivam otimizar produção, distribuição e consumo de energia, viabilizando a entrada de novos fornecedores e consumidores na rede, com melhorias significativas em monitoramento, gestão, automação e qualidade da energia ofertada, por meio de uma rede elétrica caracterizada pelo uso intensivo das tec-

*Respectivamente, engenheiro do BNDES e mestre em Administração de Empresas, economista do BNDES e mestre em Ciências Econômicas e engenheira do BNDES e mestre em Redes de Comunicação. Este artigo é de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do BNDES.

nologias de informação e comunicação (TIC). Neste artigo serão apresentados aspectos tecnológicos, econômicos, regulatórios e de financiamento envolvidos e serão identificados elementos que auxiliem na formação de uma política para adensamento produtivo e tecnológico por meio da implantação das REIs no país. Também vai se dedicar atenção ao Plano Inova Energia.

Abstract

The concept of smart grids (SG) – or intelligent electricity networks (REI) – brings about a change in the paradigm for the electric energy sector. Smart grids are aimed at optimizing production, distribution and consumption of energy, making it feasible for new suppliers and consumers to enter the network. This has been made possible by significantly improving the monitoring, management, automation and quality of the energy supplied through an electric network characterized by the intensive use of communication and information technology (CIT). This paper presents technological, economic and regulatory aspects, as well as those related to financing involved. It seeks to identify elements that help shape a policy for production and technology concentration by implementing smart grids throughout the country. This article will also focus on the Inova Energy Plan.

Introdução

O conceito de redes elétricas inteligentes

As redes elétricas, na maioria das economias desenvolvidas ou em desenvolvimento, foram criadas há mais de um século e desenvolveram-se a partir de modelo tecnológico eletromecânico muito semelhante ao atual. Metaforicamente, pode-se dizer que, diferentemente de Graham Bell – que, se estivesse vivo nos dias de hoje, necessitaria ao menos de algum tempo para compreender as modernas redes de telecomunicações –, Thomas Edison não teria dificuldades em explicar como estão organizadas a geração, a transmissão e a distribuição de energia no mundo.

O conceito de *smart grid* (SG) – ou redes elétricas inteligentes (REI) –, que foi cunhado em Amin e Wollenberg (2005), apresenta uma mudança no paradigma do setor elétrico, levando em conta a necessidade de tornar o sistema de entrega de energia mais interativo por razões que diferem em cada país ou região. As necessidades de incorporar diferentes fontes de energia na rede – em especial fontes geradoras descentralizadas, renováveis e intermitentes – e de introduzir novos consumidores – como veículos elétricos –, além da importância de melhorar a eficiência e o próprio dimensionamento da rede, estão entre os motivos que serão apontados neste artigo para justificar a crescente aplicação de inteligência nos sistemas elétricos no mundo.

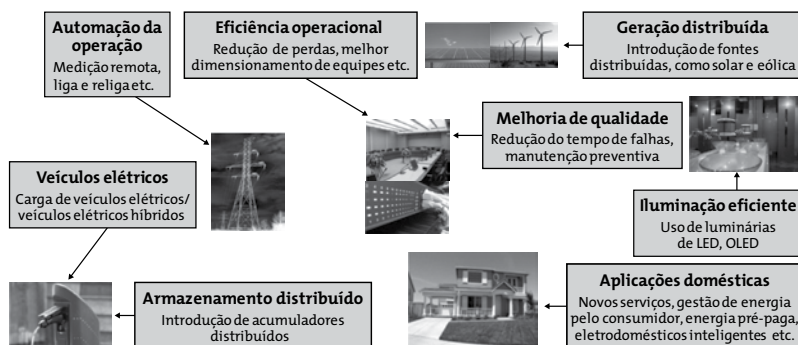
Justamente por representar uma mudança de paradigma, trata-se de um conceito com múltiplas definições, que variam de acordo com a perspectiva adotada – tais como: tecnológica, ambiental, socioeconômica ou político-regulatória. Os citados autores que cunharam o termo SG o definem como “uma infraestrutura de rede elétrica em larga escala caracterizada por segurança, agilidade e

resiliência/robustez que enfrenta novas ameaças e condições não previstas” [Amin e Wollenberg (2005, p. 1)]. Os agentes da rede seriam capazes de comunicar e cooperar entre si de maneira a se autoconfigurar em caso de novo elemento (*plug and play*) ou de necessidade de correção [Amin e Wollenberg (2005)]. Nessa definição, a perspectiva do gestor da rede de energia prevalece, com preocupação centrada na automação e maior eficiência do sistema. Há definições que estão mais orientadas ao consumidor da energia, enquanto outras procuram focar em outros aspectos de geração, transmissão e distribuição.

Em síntese, e para fins deste artigo, as REIs objetivam otimizar produção, distribuição e consumo de energia, viabilizando a entrada de novos fornecedores e consumidores na rede, com melhorias significativas em monitoramento, gestão, automação e qualidade da energia ofertada, por meio de uma rede elétrica caracterizada pelo uso intensivo das tecnologias de informação e comunicação (TIC), conforme a que se apresenta na Figura 1.

Figura 1

Redes elétricas inteligentes: elementos e funcionalidades



Fonte: Elaboração própria. Fotos gentilmente cedidas por Free Range Stock (www.freerangestock.com), que detém os direitos de propriedade.

A implantação das REIs pode ser compreendida em três dimensões complementares e independentes [Bandeira (2012)]. Na primeira, as intervenções são feitas com o objetivo de agregar **inteligência ao sistema de fornecimento de energia elétrica** – geração, transmissão e distribuição –, promovendo robustez, segurança e agilidade na rede.

Em outra frente, busca-se extrair os benefícios da **substituição dos medidores eletromecânicos por eletrônicos inteligentes**, que passam a oferecer inúmeras funcionalidades, dependendo do tipo do medidor escolhido. Do ponto de vista dos consumidores, podem-se obter: informação sobre o consumo de energia por horário – tarifa branca;¹ apresentação de dados do último período de faturamento (memória de massa); e indicativos da qualidade da energia ofertada pelas concessionárias, permitindo que a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) possa, por exemplo, reduzir o valor cobrado pela energia caso os indicadores fiquem fora do padrão de qualidade estabelecido. Já as concessionárias poderão realizar corte e religamento remotos, oferta pré-paga de energia (comunicação de dados uni ou bidirecional do medidor ao centro de medição) e obter uma redução de custos operacionais.

Por fim, tem-se a dimensão do uso da **inteligência nos centros consumidores**, caracterizada por residências com eletrodomésticos inteligentes interconectados ao medidor, permitindo melhor gestão do consumo energético, comunicação bidirecional de energia, por meio da geração distribuída com fonte solar, eólica ou biomassa, e armazenamento de energia com o uso dos carros elétricos.

¹ A tarifa branca é uma modalidade tarifária que define para os consumidores de baixa tensão (residenciais) três níveis tarifários por intervalos de horários ao longo do dia. Seu objetivo é sinalizar aos consumidores os horários nos quais o custo de produção da energia é mais caro, mais barato ou intermediário. Sua aplicação ocorrerá se o consumidor optar por trocar seu medidor analógico por um medidor inteligente.

No país e no mundo, as REIs encontram-se atualmente em um estágio de evolução embrionário, semelhante ao da internet no começo dos anos 1980,² havendo ainda grandes oportunidades para as empresas, concessionárias de energia, fornecedores de tecnologia, governos, consumidores e desenvolvimento de novas capacitações na chamada “economia sustentável”. De fato, os planos de substituição de medidores inteligentes dos Estados Unidos, da Europa e do Japão apontam para conclusão entre 2022 e 2030, não necessariamente significando a implantação do conceito integral de redes elétricas inteligentes.

Esse relativo largo horizonte temporal não indica, contudo, que a janela de oportunidade para inserção tecnológica e produtiva do Brasil em REIs seja ampla. Além de esse processo já ter se iniciado há mais tempo nos países desenvolvidos, a agenda de eficiência e segurança energética ganhou *momentum* especial a partir das ações em resposta à crise mundial, com grande soma de recursos destinada à implantação de projetos-piloto e tecnologias de *smart grid*, como será mostrado mais adiante neste artigo, em “Panorama Mundial de Implantação das REIs”.

Depois de um século de relativo reduzido dinamismo inovador, a inexorável introdução das tecnologias de informação nas redes elétricas poderá iniciar um processo retroalimentado de desenvolvimento. A implantação das redes inteligentes no Brasil demandará volumes expressivos de investimentos que, sendo concentrados no tempo, poderão viabilizar o desenvolvimento de tecnologias e produção local em grande escala, permitindo encadeamentos produtivos e tecnológicos significativos. Dessa forma, o ciclo virtuoso de desenvolvimento preconizado por Hirschman [*apud* Krugman (2013)] pode ser iniciado: elevada demanda, gerando aperfeiçoamentos da oferta da cadeia de bens e serviços com ganhos de produ-

² A partir de 1983, com o estabelecimento do protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), permite-se a comunicação entre as redes independentes de dados existentes até então, razão basilar para a profusão da internet no mundo.

tividade, que geram novos mercados, em um processo positivamente retroalimentado e autossustentado.

Segundo dados do boletim de 2011 da IC Insights, os investimentos globais em REIs devem dobrar entre 2011 e 2015, atingindo cerca de US\$ 200 bilhões em 2015.³ No Brasil, a perspectiva de substituição de um parque de 64 milhões de medidores – com investimentos em equipamentos e *softwares* de medição, automação, tecnologia da informação (TI), telecomunicações e dispositivos de geração distribuída, que podem alcançar, segundo estudo da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee), de R\$ 46 bilhões a R\$ 91 bilhões até 2030 –, somada ao fato de o país ser um dos primeiros no *ranking* global de perdas não técnicas de energia, vem atraindo os holofotes mundiais. Grandes multinacionais – como IBM, GE, Siemens, Silverspring, Fujitsu e Asea Brown Boveri (ABB) – vêm reforçando sua atuação local, até mesmo por meio de aquisições de empresas nacionais.⁴ O tamanho do mercado e os ganhos previstos com a implantação das REIs podem ser estendidos para outros serviços públicos, evoluindo-se para o conceito de **idades inteligentes** (*smart cities*), nas quais a infraestrutura de informação e automação criada permitirá o uso eficiente dos recursos – além de energia, água, gás, segurança, trânsito etc. – e a melhoria na qualidade desses outros serviços.

A viabilidade da implantação desses conceitos “*smart*” – como REIs e cidades inteligentes – está intimamente associada aos avanços tecnológicos da eletrônica, com viabilização dos dispositivos de sensoriamento, comunicação, processamento, *energy harvesting*

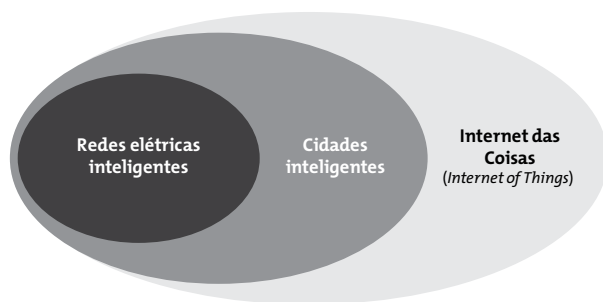
³ O número considera os investimentos em infraestrutura para REIs, sistemas de armazenamento, além dos investimentos em medidores e tecnologia da informação (TI).

⁴ Por exemplo, as aquisições da Senergy (empresa do grupo Nansen) pela Siemens, da Elcid pela Sonda Prockwork (chilena) e de 15% da CAS pela americana Sensus.

(geração de energia distribuída) e armazenamento de dados, além da melhoria nos sistemas de controle. Esse fenômeno possibilitará não somente a implantação de cidades inteligentes, mas também de ambientes onde todos os objetos podem ser unicamente identificados, reconhecidos, localizados e endereçados, o que vem sendo chamado de **Internet of Things (IoT)** – ou **Internet das Coisas**, conforme se representa na Figura 2. Redes elétricas e de esgoto, sinais de trânsito, veículos, roupas, pessoas, óculos, basicamente tudo passará a ser uma fonte geradora de dados, que, ao serem processados e tratados com inteligência, passam a gerar informações que auxiliam, por exemplo, no entendimento e na gestão do trânsito, na gestão remota da saúde de cardíacos, e na oferta de serviços e produtos baseados nos hábitos identificados dos consumidores. A Ericsson estima que em 2020 mais de vinte bilhões de dispositivos estarão conectados à rede mundial, enquanto a empresa americana Cisco avalia que o valor adicionado gerado pela IOT será de US\$ 14,4 trilhões entre 2013 e 2022. Esse universo de possibilidades desperta o interesse das maiores corporações de TICs no mundo, como Google, IBM, Intel, entre outras.

Figura 2

Das redes elétricas inteligentes à Internet das Coisas (Internet of Things)



Fonte: BNDES.

Objetivos e organização

O presente artigo tem por objetivo identificar elementos que auxiliem na formação de uma política para adensamento produtivo e tecnológico por meio da implantação das REIs no país.

Para tanto, além desta introdução, as duas seções seguintes buscam mapear o estágio e motivações da implantação das REIs no mundo e no Brasil. Na quarta seção são apresentadas as questões-chave para implantação do SG: aspectos tecnológicos, participação do consumidor e quadro regulatório. Na quinta, a cadeia de fornecimento tecnológico e produtivo é analisada, para, na sequência, ser realizada uma avaliação das perspectivas e oportunidades de adensamento tecnológico produtivo por meio das REIs. Na sexta seção, é abordado o plano de fomento à inovação no setor elétrico, o Inova Energia, bem como os elementos importantes para potencializar as tecnologias e produtos locais quando da massificação das REIs.

Panorama mundial de implantação das REIs

Como mencionado anteriormente, considerada a multiplicidade de conceitos e benefícios, os principais direcionadores para a implantação das REIs são diferentes em cada país, como aponta a Figura 3. Nos **Estados Unidos**, o pacote de incentivos à economia de 2009 somou forças à preocupação com a segurança energética norte-americana, quando foram destinados US\$ 4 bilhões em fundos para o desenvolvimento das REIs.⁵

⁵ Por meio do Programa de Reinvestimento e Recuperação da Economia Norte-Americana (American Recovery Act). Se combinados com fundos provenientes da indústria, o montante disponível para SG atingiu mais de US\$ 8 bilhões.

Como a regulação da distribuição é descentralizada, o estágio de evolução das REIs varia de acordo com os estados. A partir da aprovação em 2008 da legislação sobre SG, a Califórnia vem substituindo seus medidores e, segundo os dados de seu último relatório, publicado em maio de 2013, houve a substituição de 97% dos medidores (aproximadamente dez milhões de unidades) [California Public Utilities Commission (2013)]. Flórida, Colorado e Texas – que autorizaram as distribuidoras a repassarem o custo dos medidores inteligentes para seus clientes em determinadas condições – são exemplos de estágios avançados de aplicação das REIs.

Com base nos desafios de renovar a rede elétrica, aumentar a capacidade de geração, garantir liquidez, controlar a volatilidade de preços e implementar a interoperabilidade e a integração de fontes renováveis, o parlamento **européu** fixou como meta a implantação de 80% de medidores inteligentes até 2020 [European Commission (2011)]. Entretanto, alguns países já se anteciparam e se destacam, como a experiência italiana com sua principal distribuidora, a Enel,⁶ que em 1999 implantou um projeto-piloto com solução e medidores desenvolvidos internamente. Em cinco anos, concluiu o projeto de mais de € 2 bilhões; em 2010, cerca de 85% dos lares italianos dispunham de medidores inteligentes. A Enel exporta suas soluções em parceria com a IBM e, em conjunto com sua subsidiária espanhola Endesa, está realizando um piloto na Coelce (distribuidora do Ceará) e um piloto de cidade inteligente em Búzios, por meio de sua distribuidora Ampla.

Na Suécia, todos os lares já dispõem de medidores inteligentes instalados. Na França, por decreto, 95% dos lares de distribuidoras com mais de cem mil clientes deverão tê-los instalados até 2016.

⁶ A Enel atua em mais de quarenta países em gás e eletricidade, com 95 GW de capacidade instalada. No Brasil, controla as distribuidoras Coelce (Ceará) e Ampla (Rio de Janeiro).

Contudo, tal como Espanha, Reino Unido, Noruega e Holanda, no início de 2012 o país ainda não havia atingido 10% da base instalada com medição inteligente [Bloomberg (2012)]. Apesar de seguir o cronograma europeu, a Alemanha destaca-se por seu objetivo de ter 35% da energia gerada por fontes alternativas que deverão ser integradas à rede até 2020.

A gigante State Grid Corp of **China** (SGCC) pretende substituir todos seus 360 milhões de medidores até 2020, tendo sido apenas uma pequena fração deles substituídos até o momento. Japão e Coreia também se encontram em estágio de programas-piloto e anúncios de instalação na base completa até 2020.

Figura 3

Motivadores para a implantação de redes elétricas

EUA	Europa	Japão	China
<ul style="list-style-type: none"> • Agenda tecnológica para recuperação econômica • Infraestrutura obsoleta • Geração distribuída de energia • Confiabilidade, segurança e eficiência do sistema • Uso de veículos elétricos e híbridos 	<ul style="list-style-type: none"> • Integração de diversas fontes de energia renováveis • Infraestrutura envelhecida • Uso de veículos elétricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversificação energética (acidentes nucleares) • Uso de veículos elétricos • Implantação de cidades inteligentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de cidades inteligentes e protagonismo mundial em IoT • Eficiência energética • Diversificação energética (renováveis)

Fonte: Elaboração própria, com base em Energy Independent Security Act (EISA) – EUA e Smith (2012).

Em síntese, apesar do estágio caracteristicamente piloto no plano mundial, a maioria dos países que desenvolve tecnologia já traçou metas ou iniciou a implantação em massa das REIs. Os “*early adopters*” – como a Itália – e países tradicionais no setor de energia e TICs – Alemanha, Japão, Estados Unidos, entre outros – já se beneficiam dessa vantagem, fortalecendo empresas nativas, que passam a liderar processos de consolidação em escala global.

Panorama de implantação do conceito de REI no Brasil

Tal como na maioria dos países emergentes, a implantação das REIs no Brasil tem especificidades que a diferenciam dos países desenvolvidos. Dentre outras, é importante destacar que, no país: (i) a matriz elétrica é renovável – cerca de 90% da energia gerada vem de fontes renováveis – e interligada por um robusto sistema integrado de geração e transmissão de dimensões continentais; (ii) o consumo de energia *per capita* no país é significativamente inferior – 2.200 kWh/habitante, contra, por exemplo, 12.884 kWh/habitante nos Estados Unidos, segundo International Energy Agency (IEA), tendo como base o ano de 2009 –; (iii) o potencial de recursos renováveis e não renováveis não explorados é alto; e (iv) as tarifas de energia estão entre as mais caras do mundo. Por conseguinte, no Brasil, a formulação de política energética concentra esforços nos objetivos associados à garantia de suprimento com modicidade tarifária, sobrepondo-se a objetivos de política industrial e tecnológica. A abundância no Brasil de recursos renováveis competitivos (como a geração hidrelétrica e eólica) inibe o fomento a tecnologias novas, associadas à geração distribuída e ao desenvolvimento das REIs, como ocorre no Hemisfério Norte para energia solar, por exemplo.

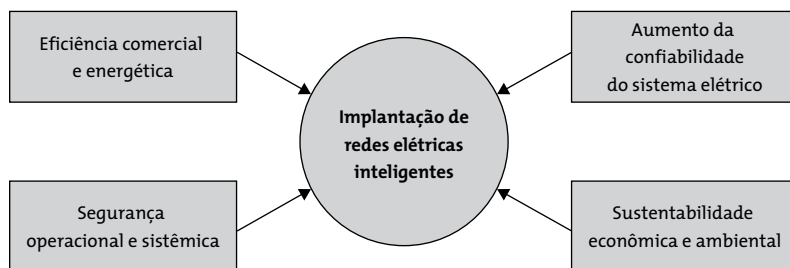
A implantação das REIs no Brasil teria como principais motivadores, como indica a Figura 4: a busca das eficiências comercial e energética, o aumento da confiabilidade do sistema elétrico, a segurança operacional e sistêmica e sustentabilidade econômica e ambiental [Aneel (2010)].

A **eficiência comercial e energética** seria obtida por meio da redução de perdas técnicas e comerciais, melhoria na qualidade da energia ofertada ao consumidor e gestão do horário de consumo de energia pelo consumidor. A **confiabilidade do sistema elétrico** aumentaria com a interoperabilidade entre os diversos componen-

tes da rede e as subestações, gestão de ativos e do planejamento da capacidade de geração, transmissão e distribuição de energia.⁷ A **segurança operacional e sistêmica** seria atingida por meio do controle de acesso dos usuários de rede, da redução de energia não distribuída e das perdas por fraudes, bem como viabilizaria a geração distribuída e a gestão para contingências e autorrecomposição. Por fim, a **sustentabilidade econômica e ambiental** seria fruto da diversificação dos negócios e das oportunidades para novos serviços de valor agregado ofertados pelas concessionárias, tais como a recente regulamentação do *net metering*⁸ e o uso de veículos elétricos e híbridos conectados às redes.

Figura 4

Motivadores para a implantação das REIs no Brasil



Fonte: Elaboração própria, com base em Chamada Aneel 11/2010 (Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente).

⁷ Estudo da International Energy Agency (IEA) indica que a demanda de pico pode ser reduzida entre 13% e 24% com aplicação em massa das REIs.

⁸ Regulamentado pela Aneel em 2012 (Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012), o *net metering* é uma forma de inserção de geração distribuída na qual os consumidores de energia, ao instalarem equipamentos de micro e minigeração podem trocar com as concessionárias de energia os montantes de energia. Com essa prática, as concessionárias recebem energia em momentos de excedente de produção, que são convertidos em créditos para que os consumidores usem em momentos de consumo de energia superior a sua geração individual.

Além dos motivadores expostos, o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030 prevê a redução do consumo final de energia elétrica de 10% em 2030 por meio de medidas indutoras de eficiência energética [MME (2010)]. O nível de perdas não técnicas⁹ e técnicas é alto, sobretudo em áreas urbanas. Segundo Bloomberg (2012), cerca de US\$ 5 bilhões são anualmente perdidos em furtos, erros de faturamento e medição, e 16% da energia produzida não é vendida por razões técnicas e não técnicas. O foco de redução de perdas tem sido o direcionador de investimentos de concessionárias, por exemplo, os da **Ampla** e da **Light**. Obrigadas a investir 0,2% de sua Receita Operacional Líquida (ROL) em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (Lei 9.991/2000), algumas concessionárias têm desenvolvido experiências de REIs em regiões que representam até 1% de suas bases instaladas.

A busca por maior eficiência operacional talvez seja o principal vetor para as concessionárias com menores perdas, como a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig). A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), empresa que atende a ampla área de clientes industriais no interior paulista, está com projeto-piloto na região de Campinas. Os investimentos desse projeto em andamento foram viabilizados por meio dos benefícios econômicos relacionados à identificação de falhas e à redução de gastos operacionais das equipes de manutenções preventiva e corretiva da rede.

Experiências em geração distribuída, principalmente em vista do potencial de uso das fontes solar e eólica do país, têm sido desenvolvidas por diversas concessionárias em seus projetos de P&D, como Cemig, CEEE, Eletrobras Eletrosul e Tractebel.

⁹ As perdas não técnicas anuais calculadas pela Aneel (decorrentes principalmente do furto de energia) correspondem a cerca de 8,7% da energia produzida no país, o equivalente à produção da futura Usina Hidrelétrica de Santo Antônio, no Rio Madeira, segundo Chamada 11/2010 (Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente).

São essencialmente esses vetores que impulsionam a realização de projetos-piloto no Brasil – eficiência operacional, aumento da confiabilidade, redução de perdas e experimentos em geração distribuída –, financiados em grande parte pelos investimentos obrigatórios em P&D regulados e fiscalizados pela Aneel.

Com o objetivo de elaborar uma proposta para um plano nacional de migração para o conceito das REIs no país, a Abradee realizou um estudo amplo, envolvendo distribuidoras, institutos de ciência e tecnologia (ICTs) e universidades, com recursos de P&D da Aneel. Em síntese, foram estabelecidos três cenários – conservador, moderado e acelerado – para cada segmento de atuação – microgeração de energia distribuída, políticas públicas, regulação e veículos elétricos [Kagan *et al.* (2013)].

No cenário conservador, o início da implantação seria em 2016, sem a criação de *políticas públicas* e, em termos *regulatórios*, sem a imposição de obrigatoriedade de uso nas novas ligações e substituições. Entretanto, nesse cenário, há algumas obrigações regulatórias, porém a decisão sobre a implantação fica a cargo das empresas. Ainda haveria a adoção dos veículos elétricos híbridos, alguns plugáveis para carregamento lento. Com respeito à *microgeração de energia distribuída*, nesse cenário, a regulamentação define os padrões de conexão, mas não haveria a possível venda de energia ao sistema, somente o benefício da redução do consumo elétrico.

No cenário moderado, o início da implantação seria em 2015, as *políticas públicas* incentivariam o uso eficiente de energia e promoveriam o desenvolvimento de tecnologias para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Em termos *regulatórios*, tanto os medidores inteligentes e seus módulos assessórios como os investimentos em infraestrutura de TI, telecomunicação e automação passariam a ser considerados na base de ativos das concessionárias, possibilitando a depreciação com taxas adequadas. Haveria, ainda,

a possibilidade de fluxo bidirecional de energia para o uso mais intensivo da *microgeração distribuída*. Por fim, seriam usados *veículos elétricos* apenas em grandes centros urbanos, sem necessidade de investimentos para a gestão do consumo.

No cenário acelerado, o início da implantação seria em 2014, os incentivos efetivos abrangem todas as áreas/funcionalidades das REIs e a regulação viabiliza a implantação de novos negócios pela infraestrutura das REIs. Adotou-se como premissa haver incentivos para a aquisição de veículos elétricos e modelo tarifário que permita a compra e venda de energia em diferentes áreas de concessão (*roaming de energia*). Quanto à *microgeração de energia distribuída*, haveria a instituição de uma tarifa-prêmio (preço de venda mais alto que o preço de compra) e possibilidade de constituição de *microgrids*.

O referido estudo estima que o investimento para a implantação total da REI no país pode variar de R\$ 46 bilhões (conservador) a R\$ 91 bilhões (acelerado), conforme mostrado na Tabela 1. Percebe-se a elevada participação dos investimentos em medição, justamente a área em que estão concentrados os principais *players* da cadeia, conforme será comentado na quinta seção.

Tabela 1

Cenários Abradee de investimentos para implantação das REIs no Brasil (em R\$ bilhões)

Área	Acelerado	%	Moderado	%	Conservador	%
Medição	45,6	50	35,4	58	28,8	62
TI – medição	0,5	1	0,5	1	0,4	1
Telecomunicação – medição	13,6	15	10,9	18	9,2	20
Automação	2,1	2	1,8	3	1,1	2
TI – automação	1,5	2	1,5	2	1,4	3

(Continua)

(Continuação)

Área	Acelerado	%	Moderado	%	Conservador	%
Telecomunicação – automação	5,9	6	5,6	9	5,2	11
TI geração distribuída/veículos elétricos	0,2	0	0,2	0	0,1	0
Incentivos – geração distribuída	21,7	24	5,3	9	0,0	0
Total	91,1	100	61,2	100	46,2	100

Fonte: Chamada 11/2010 (Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente).

Segundo as conclusões do estudo de custo-benefício realizado pela Abradee, de um modo geral, para os três cenários considerados (acelerado, moderado e conservador) e do ponto de vista dos atores envolvidos (sociedade, consumidor e concessionárias), os custos são iguais ou superiores aos benefícios. Portanto, para que os benefícios sejam percebidos, seriam necessários ajustes no arcabouço regulatório atual para equacionar os incentivos concedidos a: microgeração distribuída, melhoria na qualidade do serviço, redução da energia não distribuída, redução dos investimentos de expansão da geração e transmissão e remuneração e depreciação dos investimentos realizados no período. Ressalte-se que mudanças regulatórias posteriores que estabeleceram o *net metering* e a tarifa branca não foram levadas em consideração no citado estudo, como será descrito na próxima seção.

Questões-chave para implantação das REIs

O quadro incipiente de implantação das REIs justifica-se pela complexidade física e institucional das redes elétricas no mundo, cabendo ao Estado papel central como organizador e impulsionador

da modernização das redes elétricas. Para isso, reforça-se a necessidade de articulação entre governo, indústria, concessionárias (em especial, distribuidoras), institutos de pesquisa e academia em torno de um **plano nacional de REIs**, tal como já fez a maioria dos países centrais. Além de estimular e organizar temporalmente a migração em massa para as REIs, esse plano deve considerar o tratamento de questões regulatórias e tecnológicas (padronização, interoperabilidade etc.) e a receptividade do consumidor, além de prever a forma de remuneração dos investimentos a serem realizados e alternativas de financiamento. Elementos para compreensão dessas questões são descritos a seguir.

Panorama regulatório

No **quadro regulatório**, decisões recentes começaram a delinear os primeiros incentivos para implantação das REIs. A Resolução 502 da Aneel, de sete de agosto de 2012, definiu que em 18 meses, caso seja de interesse dos consumidores residenciais, à exceção daqueles pertencentes aos grupamentos de baixa renda, deverão ser instalados medidores inteligentes com as seguintes características mínimas: (i) mensuração de energia ativa; (ii) diferenciação tarifária em quatro postos (conhecida por “tarifa branca”); e (iii) visualização, para o consumidor, por meio de mostrador (*display*) no medidor ou em dispositivo interno à residência.

Outras funcionalidades, como aferição de tensão e corrente de cada fase, data e horário das interrupções de fornecimento, entre outros, poderão ser requeridas pelos consumidores, desde que eles assumam o ônus financeiro pela agregação dessas funcionalidades adicionais. A Resolução 502 não versa pela obrigatoriedade de existência de um sistema de comunicação de dados nos medidores do Grupo B (consumidores de baixa tensão, exceto baixa renda e iluminação pública).

No entanto, ao (i) restringir essa legislação a uma parte importante, mas não completa, da base instalada, (ii) não exigir um módulo de comunicação de dados, (iii) limitar a troca de medidores à adesão voluntária dos consumidores e, portanto, (iv) não estabelecer um cronograma para a substituição integral dos 64 milhões de medidores, é provável que o interesse das empresas fornecedoras seja limitado. Tal fato desmotiva tanto multinacionais quanto empresas nacionais que vislumbrem desenvolver tecnologia local por meio da massificação de novos medidores.

Sobre o quadro regulatório, o já citado estudo da Abradee aborda outras questões, entre as quais:

- **Financiamento do investimento em REIs** – segundo o estudo, o investimento nas REIs não apresenta retorno para as distribuidoras nas condições regulatórias vigentes.¹⁰ Dado o objetivo da política energética de modicidade tarifária, as concessionárias indicam ser necessário definir como equacionar os gastos na instalação das REIs entre consumidor (por exemplo, aumento de tarifas) e governo/sociedade (por exemplo, desonerações tributárias).
- **Alteração na regulação sobre os lucros auferidos em novos negócios por meio das REIs** – a regulação atual só permite que as concessionárias auferam 10% dos ganhos na prestação de serviços diferentes da comercialização de energia elétrica. Alterando-se esse dispositivo, seria possível incentivar, por exemplo, a prestação de serviços de valor agregado nos domicílios e a venda de serviços de medição para outros serviços

¹⁰ A cada quatro anos, as concessionárias fazem uma revisão de suas tarifas à luz dos ganhos de produtividade aferidos durante esse período, repartindo esses ganhos com o consumidor (por meio de redução de tarifas) com base em metodologia de cálculo específica da Aneel.

públicos (por exemplo, água e gás), ou mesmo de banda larga, auxiliando no equacionamento da implantação das REIs.

- **Uso do espectro de frequências para as REIs** – atualmente as soluções de telemedicação por meio aéreo para REIs não utilizam uma frequência regulada específica. Por trabalhar com frequências abertas, à medida que a rede for adensando o número de dispositivos conectados, maiores ficam os riscos de interferência e ruídos nos sinais, tornando-se necessário regulamentar uma frequência específica para as REIs.

Ainda sobre os aspectos regulatórios, as concessionárias de energia são afetadas por medidas do governo, que podem alterar seu engajamento na implantação das REIs:

- **Modificações das regras de revisão tarifária (3º Ciclo de Revisões)** – uma nova metodologia de revisão das tarifas das distribuidoras está em curso. Em relação aos períodos anteriores, destaca-se o fato de a taxa de remuneração (WACC regulatório) ter sido reduzida pela Aneel em quase dois pontos percentuais. Além disso, há um controle mais rígido de custos e uma tendência de repasse dos ganhos de produtividade das concessionárias aos consumidores em proporção maior do que o verificado no passado. Em linhas gerais, a consequência será a redução das receitas, dos lucros auferidos e, por conseguinte, dos gastos compulsórios e voluntários de P&D.
- **Normatização da renovação das concessões (Lei 12.783/2013)** – apesar do inegável mérito das medidas recentemente tomadas para a redução dos preços da energia elétrica, as condições de renovação das concessões implicam redução de receitas das concessionárias de geração e transmissão de energia. Embora o segmento de distribuição não

seja o alvo central das medidas, os grupos econômicos do setor elétrico, que em geral atuam em todos os segmentos, perderão receitas, o que os desestimula a realizar investimentos voluntários em P&D, por serem atividades de maior risco. Ressalta-se ainda que os gastos compulsórios de P&D das concessionárias são um percentual da ROL, de 0,2% para o segmento de distribuição e 0,4% para geração e transmissão de energia. Consequentemente, as quedas das receitas reduzirão os gastos compulsórios de P&D supervisionados pela Aneel. Por outro lado, há que se considerar que as REIs permitem um ganho de qualidade e eficiência que potencialmente se traduz em melhoras de margens. Não está claro se o efeito resultante desses fatores opostos será de incentivo ou desincentivo à implantação das REIs.

- **Regime Especial de Tributação do Programa Nacional de Banda Larga para a implantação de redes de telecomunicações (REPNBL-Redes)** – os projetos de implantação da rede de acesso em sistemas *smart grid*, incluindo os medidores de energia elétrico-eletrônicos inteligentes, com capacidade de telecomunicação e de fornecimento de comunicação de dados em banda larga, são desonerados se forem submetidos ao REPNBL-Redes. Esse benefício tem período definido tanto para submissão do pleito de desoneração quanto para os investimentos que serão realizados, sendo, por conseguinte, um estímulo para antecipação de investimentos em REIs no Brasil.

Aspectos tecnológicos

A definição sobre **padrões tecnológicos** – incluindo protocolos, padrões de medidores, sistemas de comunicação e sistemas centrais – é relevante para o desenvolvimento das REIs, para a formulação de

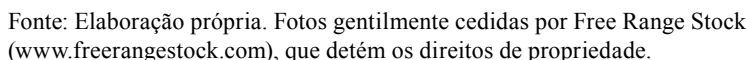
política industrial e para evitar custos relacionados ao atendimento a diferentes sistemas e equipamentos.

Como citado na introdução, em razão do estágio embrionário de evolução das REIs, em diversos países ainda não há uma definição sobre os padrões, e as concessionárias ficam livres para escolha e adoção de soluções para REIs em suas áreas de atendimento. Para atuar em um cenário com redes com diferentes padrões, os fabricantes de dispositivos precisam ser flexíveis para adequarem-se às aplicações e aos ambientes de atuação.

A complexidade dos atores envolvidos nas REIs reforça a necessidade da padronização. Fabricantes de equipamentos elétricos, *software*, indústrias de TIC, de bens de eletrônica de consumo e de produtos de refrigeração, aquecimento e ventilação, entre outros, formam um conjunto amplo de provedores de produtos e serviços que nunca trabalharam juntos e precisarão colaborar para o desenvolvimento das REIs. Caso contrário, as potencialidades da automação residencial não poderão ser exploradas a contento, por exemplo, o uso de máquinas de lavar e bombas de água ligadas e desligadas remotamente fora do horário de pico. Soluções como essa só são possíveis se os fabricantes de eletrodomésticos desenvolverem produtos com padrões de comunicação iguais aos da rede inteligente.

Desde a geração de energia até a distribuição para o consumidor final, a comunicação nas redes *smart grids* pode ser dividida em três segmentos: (i) Wide Area Network (WAN) – cobre toda a extensão, desde o centro de controle até a região local da Neighborhood Area Network (NAN); (ii) NAN – abrange a comunicação vinda da WAN até a Home Area Network (HAN) e cobre a rede de média tensão; e (iii) HAN – comunicação no ambiente residencial, entre os utensílios domésticos e o medidor. Essa tipologia de rede de telecomunicações pode ser visualizada na Figura 5.

Arquitetura da rede de comunicação em *smart grid*



A escolha da tecnologia a ser adotada para a rede de comunicações implantada dependerá de vários fatores, entre os quais custos envolvidos, distância entre os sensores e medidores até o ponto concentrador de dados e deste até a rede da concessionária, da topologia física do local, da área de cobertura, da taxa de transmissão, do desempenho do sistema, atenuação e ruídos.

A rede de comunicações deverá atender a requisitos de transmissão de dados bidirecional, largura de banda, escalabilidade (supor-

tar o aumento de dispositivos sem redução de desempenho), latência (tempo para a transmissão dos dados e eventuais atualizações de *software*), tolerância a falhas, confiabilidade, segurança, entre outros.

A implementação da solução de REIs é comumente delegada para um integrador, que realiza aquisição de medidores de diferentes fornecedores, responsabilizando-se pela interoperabilidade destes com o sistema das concessionárias. Essa estratégia tende a acelerar a implantação da rede, todavia, quando essa solução é proprietária, há o risco de tornar-se refém desse fornecedor centralizado. O citado estudo da Abradee propõe que haja um acordo multilateral – governo, indústria e academia – no país sobre o tema.

Em busca pelo estabelecimento de padrões para as REIs, nos **Estados Unidos** o Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE)¹¹ desenvolve o projeto denominado IEEE 2030 para a interoperabilidade das redes e o projeto IEEE 1547 para a interconexão entre as REIs. A **França** estuda padrões de protocolos para serem usados pelas redes Power Line Communications (PLC) e Broadband over Power Line (BPL),¹² em um projeto denominado Sogrid. No **Brasil**, a Associação Brasileira das Indústrias de Energia Elétrica (Abinee) tem uma iniciativa entre os fabricantes de medidores que desenvolvem tecnologia no país – Elo, Elster, Nansen, entre outros – para implantar um protocolo de comunicação aberto a ser usado pelos os medidores de consumo residenciais, provisoriamente denominado Sistema Brasileiro de Medição Avançado (Sibma), em desenvolvimento pelo Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (C.E.S.A.R).

¹¹ O IEEE, instituição atuante na definição de padrões em diversos setores da indústria, estabelece os padrões adotados pelo Instituto de Padrões Nacionais Americano.

¹² PLC, NB-PLC (Narrowband over Power Line), BPL: transmissão de dados pela rede elétrica simultaneamente à transmissão de energia. ITU-T publicou em 2011 uma família de padrões para o uso da NB-PLC (Recommendations G.9955 e G.9956).

Há que se considerar também que, por tratar-se de um insumo vital para as economias modernas, a produção e distribuição de energia elétrica é altamente regulada, e há uma preocupação fundamental com as **vulnerabilidades do sistema elétrico**. A segurança dos dados trafegados deve proteger os indivíduos e as organizações quanto à confiabilidade, integridade, tolerância a falhas e autenticidade.¹³ Outra preocupação diz respeito à proteção contra as descargas atmosféricas nos novos elementos que compõem as REIs, visto que o Brasil é o país com maior número de incidência desses fenômenos, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

Papel do consumidor

O **consumidor** desempenhou (e desempenha) papel-chave em todos os países mais avançados na implantação e na obtenção dos benefícios das REIs. Será necessário que ele perceba valor nos novos serviços prestados pela distribuidora, por exemplo, a cobrança de tarifas diferenciadas por horário de uso (tarifa branca).

Como o Brasil é social e culturalmente heterogêneo, os projetos-piloto de REIs conferirão ênfase ao comportamento dos usuários finais de energia. Entre outros aspectos sobre a importância da interação dos consumidores com as REIs, ainda não está claro o quanto o consumidor brasileiro, entre outras questões:

- responderá à existência de uma cobrança de energia (especialmente aqueles que hoje não pagam) e ao corte e ao religamento remotos;

¹³ Por isso, as concessionárias e distribuidoras devem investir na implementação de políticas de segurança da informação, seguindo, por exemplo, as recomendações da norma NBR ISO/IEC 27002 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

- modificará seus hábitos como forma de reduzir a utilização de energia elétrica nos horários de pico – para os quais efetivamente as redes elétricas são dimensionadas;
- será sensível ao apelo de economia de energia e solicitará a instalação de medidores inteligentes;
- adotará a microgeração, considerando a rápida queda dos preços de painéis solares, por exemplo, e a possibilidade de o consumidor tornar-se um “pro-sumidor”, ou seja, produtor e consumidor, injetando energia na rede;
- utilizará novos serviços, como automação residencial, pré-pagamento de energia elétrica etc.;
- será receptivo aos automóveis, motos e outros equipamentos consumidores e armazenadores de energia elétrica.

Todas essas respostas são fundamentais para avaliar qual seria o grau de exigência de intensidade e, fundamentalmente, flexibilidade que as redes de distribuição – em especial as de baixa tensão – deverão apresentar no futuro próximo. Caso as respostas sejam positivas, será necessário adequar a rede para o fluxo bidirecional de energia, a cargas rápidas de veículos elétricos, o que impõe um ritmo mais rápido de adoção de tecnologias de REIs.

Mapeamento da cadeia de fornecedores

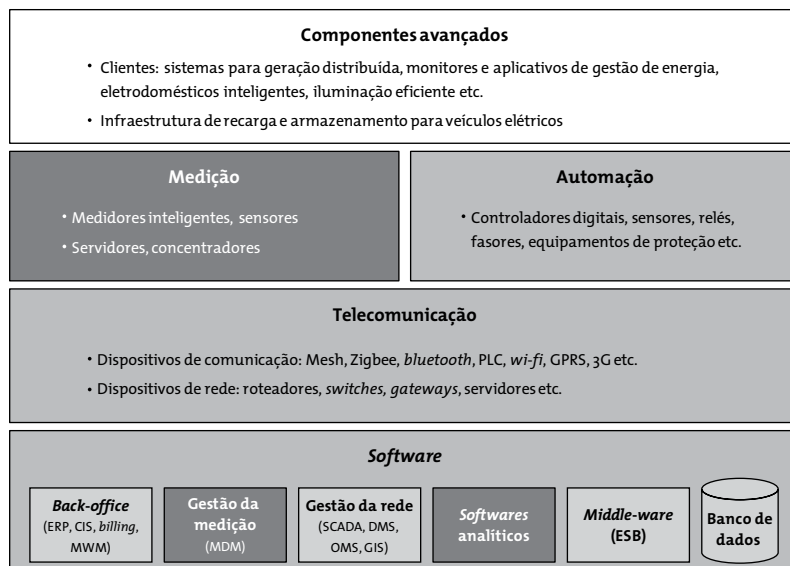
A implantação das REIs tende a mudar significativamente a estrutura competitiva da indústria, na medida em que novas tecnologias trazem participantes e lógicas de mercado não convencionais ao setor. Em especial, a REI reforça a posição e atrai empresas com competências em TICs (*software*, *hardware* e equipamentos de telecomunicação) e automação, conforme demonstra Figura 6.

No plano global, diversos competidores já avançaram nas **aquisições** para entregar uma solução completa de SG para seus clientes. São exemplos desse movimento, as aquisições da Landis+GYR (medidores) pela Toshiba; e da RuggedCom (telecomunicação) e eMeter (*software*) pela Siemens. Itron, ABB, IBM, GE, Honeywell, Alstom e Hitachi também são grandes empresas consolidadoras no setor.

Com a iminência de implantação das REIs, o país segue a tendência internacional, com a aquisição total ou parcial de empresas locais. Em 2006, Itron adquiriu a Elo Sistemas (parte de *software* da empresa). Mais recentemente a Senergy (*software* analítico da Nansen) foi incorporada pela Siemens, a americana Sensus adquiriu 15% da CAS, e especialistas acreditam na continuidade desse processo de consolidação.

Figura 6

Elementos da cadeia de REIs



Fonte: BNDES.

Como estratégia alternativa, as empresas no mundo e no Brasil vêm buscando as **alianças estratégicas** com diversos objetivos:

- complementar o portfólio de produtos para entregar solução completa de REIs;
- reduzir custo de produção, por exemplo, com produção parcial ou completa no exterior;
- aumentar a liberdade dos clientes (concessionárias) ofertando soluções interoperáveis, evitando *lock-in* – ou seja, dependência tecnológica de um único fornecedor.

O Quadro 1 traça um retrato não exaustivo dos participantes atuais e novos entrantes.

Quadro 1

Principais fornecedores de REIs no Brasil (lista não exaustiva)

Etapa	Fornecedores com P&D local	Fornecedores globais
Medidores	Elo, WEG, Nansen, Eletra, Ecil, IMS, Landis+Gyr, Itron, Elster	Cam-GYM, Fujitsu, Siemens, GE, Silverspring, Trilliant, Schneider, Toshiba, Alstom, ABB
Telecomunicação	CAS, V2COM	Cam-GYM, Fujitsu, Siemens, GE, Silverspring, Trilliant, Schneider, Toshiba, Alstom, ABB
Automação	WEG, Altus, Reason, Reivax, Siemens	Siemens, Schneider, Toshiba, Alstom, ABB, GE
Software	Axxiom, Senergy (adquirida pela Siemens), Elucid (adquirida pela Sonda), Concert, Way2, Choice, CAS	Silverspring, eMeters (Siemens), IBM, Microsoft, Schneider, Toshiba, Oracle, Alstom, ABB, GE
Componentes avançados	Elo, WEG, Datacom, Micropress, Whirlpool, Tecnometal, Philips	OSRAM, GE
Microeletrônica	LSITec, Chipus, Eldorado, SMDH, Silicon Reef, SIX, Ceitec	Analog Devices, Freescale, Texas Instruments

Fonte: Elaboração própria, com base em dados das empresas.

As especificidades locais acabaram por historicamente favorecer a existência de uma base produtiva e de P&D razoável de empre-

sas de **medidores** no Brasil, tanto estrangeiras quanto nacionais. As aquisições de empresas locais e características do mercado local, como o elevado índice de furtos de energia – que leva ao desenvolvimento de soluções com alarmes, gabinetes específicos e separação entre o medidor (fora de casa) e o mostrador (*display*) (dentro de casa) –, ajudam a justificar a presença de centros de P&D no país, como os da Elster, Landis+GYR e Itron, os três maiores fabricantes mundiais de medidores. Também ajudam a explicar a liderança no fornecimento de medidores eletrônicos (não inteligentes) da Elo, que afirma atender a 40% do mercado.

Há cinco anos, os medidores eletromecânicos já vêm sendo substituídos vegetativamente por medidores eletrônicos pela maioria das distribuidoras, com ganhos sobretudo de acuracidade de medição. Contudo, esses medidores são de baixo valor agregado, com preços em torno de US\$ 30,00. Os medidores com as funcionalidades exigidas pela Aneel a partir de 2014 poderão custar até oito vezes mais, segundo cálculos de fornecedores locais.

Ressalta-se que a vida útil dos medidores eletrônicos (13 a 15 anos) é significativamente inferior em relação aos convencionais (trinta a quarenta anos). As concessionárias demonstram-se preocupadas se o parque produtivo instalado teria capacidade de atender à demanda esperada. Segundo informações da Abinee, em 2011 a produção foi de cerca de 3,5 milhões de medidores/ano, e a capacidade instalada de oito milhões de medidores anuais, justo o valor de consumo previsto para 2030 no cenário acelerado pelo estudo da Abradee.

As empresas de **telecomunicação** com foco em serviços públicos (eletricidade, água, esgoto etc.) são relativamente novas. Empresas como a CAS Tecnologia – que já dispõe de solução exportada em parceria com a Elster – e a V2COM – que dispõe de solução de telemedição para energia e água – são exemplos de empresas locais de base tecnológica que estão atuando no segmento. Destaca-se o

fato de que o custo elevado da operação de telecomunicação para as REIs poderá justificar o surgimento de operadores móveis virtuais (MVNOs – Mobile Virtual Network Operator), que negociam pacotes de dados no atacado com as operadoras telefônicas e os repassam para as concessionárias, eventualmente com serviços de valor agregado em telecomunicação.

Para sobreviver nessa transição tecnológica para o mundo eletrônico, fabricantes tradicionais de medidores e telemedição estão fazendo parcerias tecnológicas – como já destacado –, não havendo nenhuma empresa nacional capaz de ofertar uma **solução completa**, tal como as multinacionais do setor se propõem a ser. A concessionária CPFL – que é integrante do consórcio liderado pela IBM para acelerar a implantação das REIs, Global Intelligent Utility Network Coalition (GIUNC) – anunciou em seu relatório de 2012 a instalação de 25 mil medidores eletrônicos para grandes clientes.

A Cemig anunciou em agosto de 2012 que criaria uma empresa específica com o propósito de vender as tecnologias desenvolvidas internamente na empresa e ser uma integradora de soluções em *smart grid*.

Na área de **automação**, empresas locais como WEG, Altus, Reivax e Reason não dispõem de uma solução completa para automação tal como concorrentes internacionais – entre estes Schneider, Toshiba e GE. As diferentes topologias, arquitetura de rede e tecnologias adotadas tendem a demandar soluções específicas para o país, gerando oportunidades de desenvolvimento local.

Com a mudança de paradigma de uma medição por mês para uma a cada minuto ou hora, surge a necessidade de desenvolvimento e implantação de **softwares** capazes de colher (gestão de medição), armazenar (banco de dados), analisar (*softwares* analíticos), gerar respostas automáticas (interface com automação) e conversar (*middleware*) com os sistemas legados (*billing*, ERP etc.) e de ope-

rações (Scada, GIS, DMS etc.). As empresas locais puramente de *software* nessa área são de pequeno porte, como Axxiom, Concert, Choice, entre outras.

Em **componentes avançados**, há oportunidades significativas de inovação e uma miríade de fornecedores, citando como exemplos a WEG como fornecedora de inversores para geração distribuída, a Whirlpool como desenvolvedora de eletrodomésticos inteligentes,¹⁴ e a Elo, que recentemente entrou no mercado de iluminação eficiente com projetos em tecnologia *light-emitting diode* (LED).

Por fim, os elevados volumes envolvidos na implantação das REIs podem ajudar a viabilizar o desenvolvimento e a produção local de **microeletrônica**, “calcanhar de Aquiles” da indústria eletrônica brasileira, em dispositivos como medidores, módulos de comunicação, sensores etc.

Perspectivas e oportunidades para desenvolvimento tecnológico

A implantação das REIs no Brasil representa uma grande oportunidade de mercado para fornecedores de tecnologia. Para que esses investimentos sejam capturados por empresas com tecnologia nacional é de suma importância que estas se posicionem estrategicamente o mais breve possível, por exemplo, participando de projetos-piloto que estão em implantação e integrando-se para oferecer soluções mais completas para seus clientes.

Há de se considerar o perfil conservador em inovação das concessionárias. Tal como no setor de telecomunicações, com o passar do

¹⁴ A Whirlpool tem, no país, linha de desenvolvimento de eletrodomésticos inteligentes voltados para aplicações em *smart grid*.

tempo os departamentos de engenharia internos das concessionárias foram se atrofiando à medida que a missão de desenvolver tecnologia foi sendo delegada para os fabricantes de equipamentos. Esse fenômeno conduz a uma propensão natural para aquisição de soluções completas com marcas consolidadas. Também cabe ressaltar que, por tratar-se de um mercado extremamente regulado, os incentivos regulatórios para diferenciação via P&D são baixos, uma vez que as concessionárias apropriam-se apenas em 10% dos ganhos gerados em negócios não relacionados à comercialização de energia.

A despeito dessa e de outras questões regulatórias já citadas e da inexistência até o momento de um plano nacional que acelere a adoção das REIs, a implantação do conceito de SG é uma questão de tempo. A questão que se coloca é qual será o conteúdo tecnológico local que será desenvolvido com base nessa grande oportunidade.

O Quadro 2 sumariza as forças e fraquezas atuais e oportunidades e ameaças para que seja promovido desenvolvimento tecnológico e produtivo por meio da implantação das REIs no Brasil.

Quadro 2

SWOT para adensamento tecnológico e produtivo por meio das REIs

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> • Pilotos em andamento, alguns com fornecimento de tecnologia nacional • Políticas de inovação e fontes de financiamento existentes (P&D Aneel, BNDES, Finep) e apoio institucional (SG como prioridade no PBM* – TICs) • Existência de empresas com tecnologia nacional (Portaria 950 do Ministério da Ciência e Tecnologia) e ICTs com capacitação técnica para desafios tecnológicos para implantação das REIs 	<ul style="list-style-type: none"> • Porte das empresas com tecnologia nacional inferior a seus pares mundiais; ausência de fornecedores de solução integrada • Baixa articulação em P&D e introdução de inovações no mercado • Indefinição regulatória sobre o equacionamento dos custos para a implantação do <i>smart grid</i> • Elevado custo de produção e P&D locais

(Continua)

(Continuação)

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de criação de soluções específicas em razão das particularidades do mercado brasileiro 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de agenda nacional: defasagem na entrada no mercado de SG
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento e produção local de circuitos integrados (CIs), redução do impacto na balança comercial de TICs e formação/ fortalecimento de <i>players</i> locais • Exportação de soluções típicas para mercados emergentes (elevadas perdas, baixo consumo etc.) • Potencial de uso do poder de compra do estado (regulamentação da Lei 12.349/10) e instrumentos regulatórios • Regime tributário específico com ênfase em conteúdo tecnológico local • <i>Smart metering</i>: potencial de integração com outras concessionárias de serviços públicos (banda larga, gás, água) 	<ul style="list-style-type: none"> • Atenção dos principais fornecedores mundiais, que estão comprando empresas com tecnologia nacional (riscos de desnacionalização), causada pelo tamanho do mercado brasileiro para REIs • Implantação das REIs com baixa/baixíssima penetração de tecnologia desenvolvida no país e com agravamento do déficit comercial de TICs • Possibilidade de aumentar a defasagem tecnológica e empresarial do Brasil em razão do tratamento prioritário ao tema de países desenvolvidos

Fonte: BNDES.

* PBM (Plano Brasil Maior) é a política industrial, tecnológica e de comércio exterior do governo Dilma Rousseff.

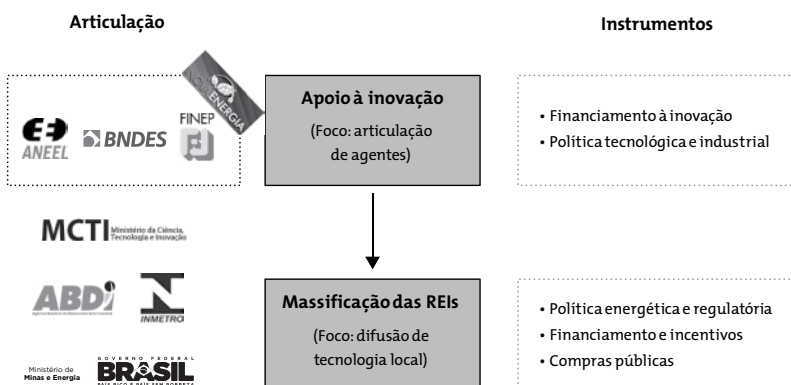
Todavia, para que o balanço representado nessa matriz SWOT gere uma resultante positiva, é de suma importância que haja uma articulação dos esforços entre governo (e suas respectivas instituições), iniciativa privada (nos diversos elos da cadeia) e institutos de pesquisa e inovação, em dois momentos encadeados ou superpostos no tempo.

No primeiro momento, será necessário buscar organizar os esforços para gerar as inovações com base nos projetos-piloto de REIs que estão em curso e deverão permanecer por algum tempo até que

as concessionárias estejam seguras para estender os resultados desses testes para todos seus clientes. No segundo momento, as bases e os incentivos para uma política de difusão das inovações geradas localmente deverão ser adotadas. Essa visão é representada de forma sintética na Figura 7.

Figura 7

Visão para o desenvolvimento das REIs com tecnologia local



Fonte: BNDES.

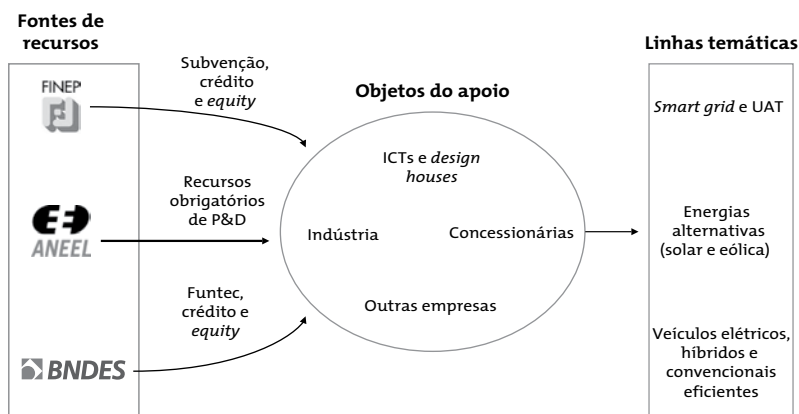
Apoio a inovação: o Inova Energia

O plano conjunto Aneel-BNDES-Finep para apoio à inovação tecnológica no setor elétrico, o Inova Energia (IE), foi concebido com o objetivo de ajudar na articulação dos esforços para a primeira etapa sugerida na Figura 7.

O IE foi lançado em abril de 2013 com base no diagnóstico de que existiam oportunidades de inovação no setor elétrico e veicular e que as fontes de financiamento a P,D&I estavam desarticuladas, bem como os agentes da cadeia produtiva.

Figura 8

Modelagem do plano Inova Energia



Fonte: BNDES.

O objetivo do IE é o fomento e a seleção de planos de negócios que contemplem atividades de pesquisa, desenvolvimento, engenharia e/ou absorção tecnológica, produção e comercialização de produtos, processos e/ou serviços inovadores e demais ações necessárias para que estes sejam levados ao mercado de forma competitiva, visando ao desenvolvimento de empresas e à inserção de tecnologias brasileiras nas seguintes linhas temáticas: REIs e transmissão em ultra-alta tensão (Linha 1), inovações em geração de energia por meio de fontes alternativas (Linha 2), e investimentos em P,D&I de veículos híbridos, além da eficiência energética veicular (Linha 3).

Para financiar inovações nessas temáticas, BNDES, Finep e Aneel consorciaram-se para propor um único canal de oferta de recursos, priorizando os planos com maior conteúdo inovativo e potencial de agregação de valor local a serem apresentados por meio de uma chamada pública. Os instrumentos financeiros incluíram recursos reembolsáveis, não reembolsáveis, participação acionária além do direcionamento dos investimentos obrigatórios em P&D, regulados

pela Aneel, que os agentes do setor elétrico são obrigados a realizar por força do regime de concessão, conforme mostra a Figura 8.

Em específico à temática de *smart grids*, o IE se configura como uma oportunidade de induzir a formação de planos de inovação integrados entre concessionárias, indústria e ICTs para soluções com escala e – quando possível – potencial de exportação. Para tanto, foram selecionados os seguintes subtemas para apresentações de planos de inovação: (i) projetos-piloto de REIs; (ii) soluções em *software* para REIs; (iii) equipamentos para REIs; (iv) infraestrutura de abastecimento elétrico veicular; e (v) transmissão em ultra-alta tensão.

O foco do plano é aproveitar o momento de testes e experimentações que os agentes do setor elétrico estão realizando por meio de projetos-piloto para induzir a formação de parcerias e desenvolvimento conjunto com a cadeia de fornecedores. Para tanto, estabeleceu-se que as propostas que apontassem nessa direção obteriam acesso aos instrumentos mais atrativos, incluindo recursos não reembolsáveis para empresas.

O plano está previsto para ser concluído no fim de 2013, quando as propostas e empresas vencedoras serão analisadas do ponto de vista da capacidade de pagamento e cadastral.

Massificação das REIs

Para que as soluções desenvolvidas no Inova Energia – e outras com conteúdo local – possam participar da massificação das REIs, diversas questões necessitam ser equacionadas, como já comentado no presente artigo. Alguns fatores têm papel destacado para potencializar o uso de produtos com tecnologia e/ou produção local.

O alinhamento com as políticas energética e regulatória conduzidas pelo Ministério de Minas e Energia e Aneel é fundamental.

Ele definirá, por exemplo, o ritmo de substituição de medidores, a intensidade do uso da geração distribuída e veículos elétricos que se abastecem na rede, além de poder influenciar no comportamento do consumidor para adoção das novas tecnologias. Essas políticas, em conjunto com instrumentos do uso do Poder de Compra do Estado, além do entendimento aprofundado da resposta dos consumidores finais à implantação das REIs, são decisivas para determinar o ritmo do crescimento da demanda e, em última instância, dos investimentos e difusão das tecnologias e produtos desenvolvidos.

Do ponto de vista da oferta, para melhorar a competitividade dos produtos desenvolvidos localmente em relação às soluções de concorrentes de escala e porte globais, os instrumentos de incentivos fiscais e financiamento devem ser articulados.

É de se destacar a importância da fixação do Processo Produtivo Básico (**PPB**) para os medidores inteligentes. Esse instrumento é muito relevante para definir as etapas de produção e os insumos a serem adquiridos no país para obtenção dos benefícios da Lei de Informática (basicamente redução do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI – na comercialização dos medidores) e deverá ser realizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Da mesma forma, os critérios que serão adotados para o reconhecimento da tecnologia nacional pelo MCTI (**Portaria 950/06 MCT**) podem ser alterados para exigir mais desenvolvimento tecnológico local, como a existência de microeletrônica embarcada com projeto de *chip* desenvolvido localmente.

Com base nesses instrumentos – PPB e Portaria 950/06 MCT –, o **BNDES** poderá ajustar suas políticas de crédito para aquisição de equipamentos para REIs pelas concessionárias, de forma a estimular em maior ou menor intensidade o adensamento tecnológico e produtivo local.

Conclusão

Diversos motivadores estão levando os principais países do mundo a tornar mais inteligentes suas redes – não só de energia elétrica, mas também de água, esgoto, gás etc. –, cidades e lares.

A despeito da discordância quanto a em que momento a adoção das REIs vai caminhar para uma massificação no Brasil, os agentes envolvidos com o setor elétrico concordam que se trata de uma questão de tempo, visto que os benefícios de sua implantação ganham força ao longo do tempo – sejam estes minimizar as perdas, melhorar eficiência e qualidade do serviço prestado, reduzir o tempo entre falhas, inserir energia gerada pelos consumidores na rede, entre outros.

Em compasso com essa expansão, diversas tecnologias e produtos estão sendo desenvolvidos, testados e exportados pelas economias centrais. Por ainda estar em um estágio piloto, tanto no Brasil quanto no mundo, onde as concessionárias estão avaliando os modelos e parceiros para a implantação das REIs, torna-se oportuno incentivar o desenvolvimento local nesse contexto – um dos objetivos centrais do plano Inova Energia.

Ressalta-se que existem muitas etapas a superar para a implantação completa do conceito de *smart grid*, que vai além da simples implantação de medidores inteligentes e da abrangência dos projetos-piloto hoje em curso. E o Brasil, como país amplo geográfica, climática, sócio e culturalmente, apresenta barreiras especiais que, se por um lado representam um desafio a ser superado, por outro constituem-se uma oportunidade para inovações locais. Principalmente em áreas como *software*, telecomunicações, segurança, automação de rede e dispositivos avançados – microgeração, automação residencial, iluminação eficiente, veículos elétricos, armazenamento etc. –, há um conjunto amplo de inovações que deverão ser desenvolvidas em compasso com o ritmo de adesão e conhecimento dos consumidores e demais atores ligados às REIs.

Todavia, como o processo de inovação só se encerra com a efetiva chegada do produto ao mercado, há de articularem-se os esforços e estímulos para que os equipamentos, *software* e serviços com desenvolvimento local para REIs tenham penetração relevante no mercado local – e, em um segundo momento, global. Em outras palavras, para que ocorra de fato a massificação das tecnologias brasileiras, é de suma importância a implantação de um plano nacional articulado para as REIs, envolvendo, ao menos, agências reguladoras e normatizadoras (entre outras, Anatel, Aneel e Inmetro), órgãos financiadores, representantes da indústria, os ministérios-chave (Ministério das Comunicações, MME, MDIC e MCTI), em especial, e respectivas agências a estes associadas.

A despeito de existirem questões importantes para viabilizar esse plano – por exemplo, o modelo de remuneração e financiamento dos investimentos em REIs e a adoção de padrões que viabilizem a exportação de soluções brasileiras –, nele é fundamental que se estabeleça um cronograma para migração do quadro atual para o novo paradigma de rede, tal como os já definidos por Europa, China e Estados Unidos. Caso contrário, dificilmente as empresas com soluções nacionais conseguirão atingir a escala necessária para exploração econômica de suas inovações no processo de implantação do *smart grid* no Brasil.

Referências

ABRADEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. *Projeto Estratégico de P&D redes elétricas inteligentes: políticas públicas e regulação*. FGV, 2011. Smart grids: from innovation to deployment.

AMIN, S. M.; WOLLENBERG, B. F. Toward a smart grid. *IEEE Power and Energy Magazine*, v. 3, n. 5, p. 34-38, sep.-oct. 2005.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica*. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Manual-PeD_REN-504-2012.pdf>. Acesso em: nov. 2013.

BANDEIRA, F. P. M. *Redes de energia elétrica inteligentes (smart grids)*. Nota técnica. Consultoria Legislativa, 2012. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/2012_7872.pdf>. Acesso em: nov. 2013.

BLOOMBERG. Energy Smart Technologies – Digital Energy – Research Note. New Energy Finance. 2012.

CALIFORNIA SMART GRID. *Report to the Governor and the Legislature*. Mai. 2012. Disponível em: <<http://www.cpuc.ca.gov/NR/rdonlyres/7AB03474-E27C-4EB6-AB8D-D610A649C029/0/SmartGridAnnualReport2012Final.pdf>>. Acesso em: nov. 2013.

COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. *Smart grids: from innovation to deployment*. Bruxelas: European Commission, 2011.

ERICSSON. More than 50 billion connected devices. *Ericsson White Paper* 284 23-3149 Uen, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-50-billions.pdf>>. Acesso em: nov. 2013.

HIRSCHMAN, A. *The Strategy of Economic Development*. Yale. University Press, 1958.

IC INSIGHT. Global investment in smart grids to double by 2015. *Research Bulletin*, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.icinsights.com/news/bulletins/Global-Investment-In-Smart-Grids-To-Double-By-2015/>>. Acesso em: nov. 2013.

KAGAN, N. *et al. Redes elétricas inteligentes no Brasil: análise de custos e benefícios de um plano nacional de implantação*. Rio de Janeiro: Sinergia: Abradee; Brasília: Aneel, 2013.

- KRUGMAN P. *The fall and rise of development economics*. 2013. Disponível em: <<http://web.mit.edu/krugman/www/dishpan.html>>. Acesso em: nov. 2013.
- MASSOUD, A. S.; WOLLENBERG, B. F. Toward a smart grid. *IEEE Power & Energy Magazine*, 2005.
- MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Plano Nacional de Eficiência Energética. Premissas e diretrizes básicas na elaboração do plano*. 2010. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNef_-_Premissas_e_Dir._Basicas.pdf>. Acesso em: nov. 2013.
- PICA, C. Q.; VIEIRA, D.; DETTOGNI, G. An overview of smart grids in Brazil – opportunities, needs and pilot initiatives. In: THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART GRIDS, GREEN COMMUNICATIONS AND IT ENERGY-AWARE TECHNOLOGIES, 2011.
- PLANO NACIONAL DE BANDA LARGA. 2010. Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/acoes-e-programas/programa-nacional-de-banda-larga-pnbl>>. Acesso em: nov. 2013.
- SANTOS, M. M. *et al. Redes elétricas inteligentes: contexto nacional*. Dez. 2012. Série Documentos Técnicos.
- SIMÕES, M. G. *et al. Smart-Grid technologies and progress in Europe and the USA*. Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2011. Disponível em: <<http://inside.mines.edu/~mSimoes/documents/pap48.pdf>>. Acesso em: nov. 2013.
- SMITH, G. I. (Ed.). *The Internet of Things: new horizons*. Halifax, 2012. Disponível em: <http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC_Cluster_Book_2012_WEB.pdf>. Acesso em: nov. 2013.
- USA – UNITED STATES OF AMERICA. *Energy Independence and Security Act – EISA*. 4 jan. 2007. Disponível em: <<http://www.nist.gov/el/smartgrid/upload/EISA.pdf>>. Acesso em: nov. 2013.